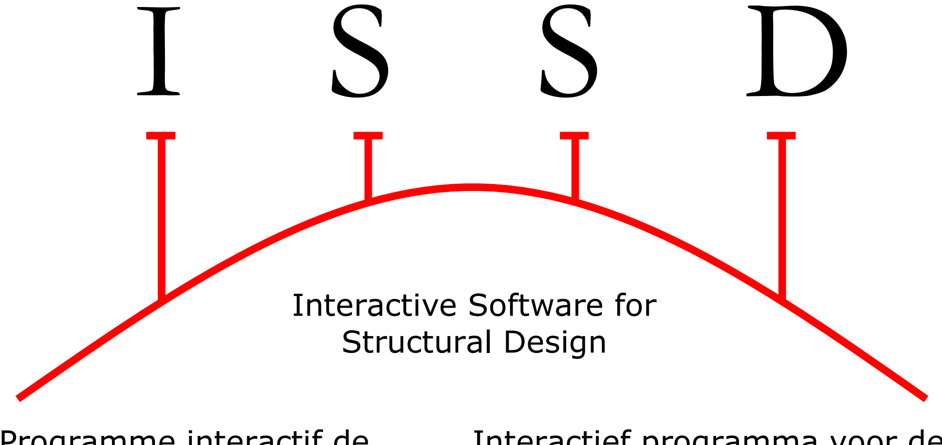


MODE D'EMPLOI

- Version Septembre 2007 –

©
Pierre Latteur / Struct&Soft
www.issd.be
Av. Fontaine des Fièvres 14, 1495 Villers-la-Ville, Belgique
TVA : BE.653.52.173
Registre de commerce 89465
Attestation d'établissement n°BAS/1999/811/BFR

Tous nos remerciements à Blaise Rebora, professeur à l'Ecole polytechnique de Lausanne, pour avoir apporté sa contribution à ce logiciel.

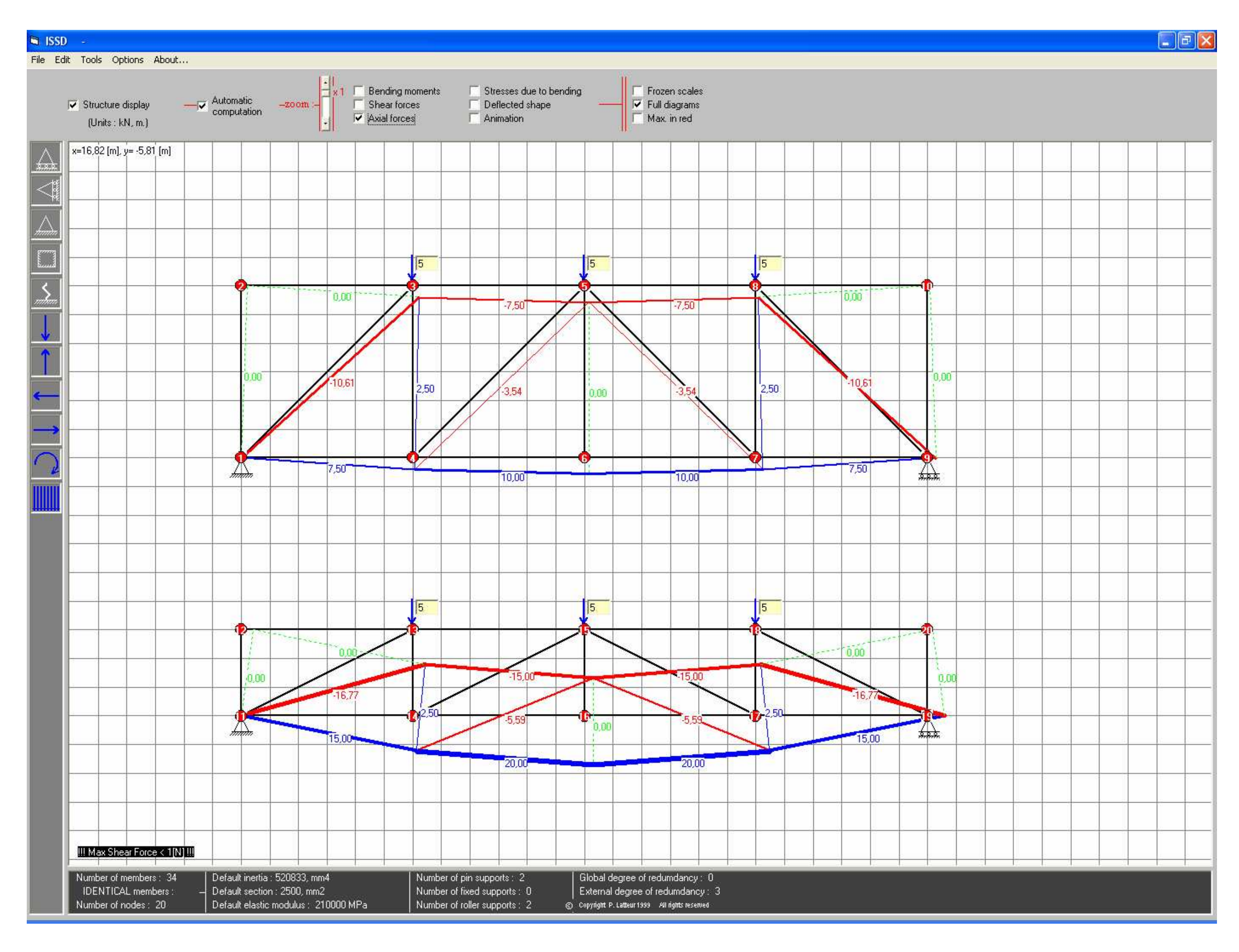


Figure 1 : comparaisons de treillis

L'affichage de la valeur des efforts normaux se superpose avec la déformée. Les efforts de compression sont dessinés en rouge et les efforts de traction en bleu. L'épaisseur des traits est proportionnelle à la grandeur des efforts.

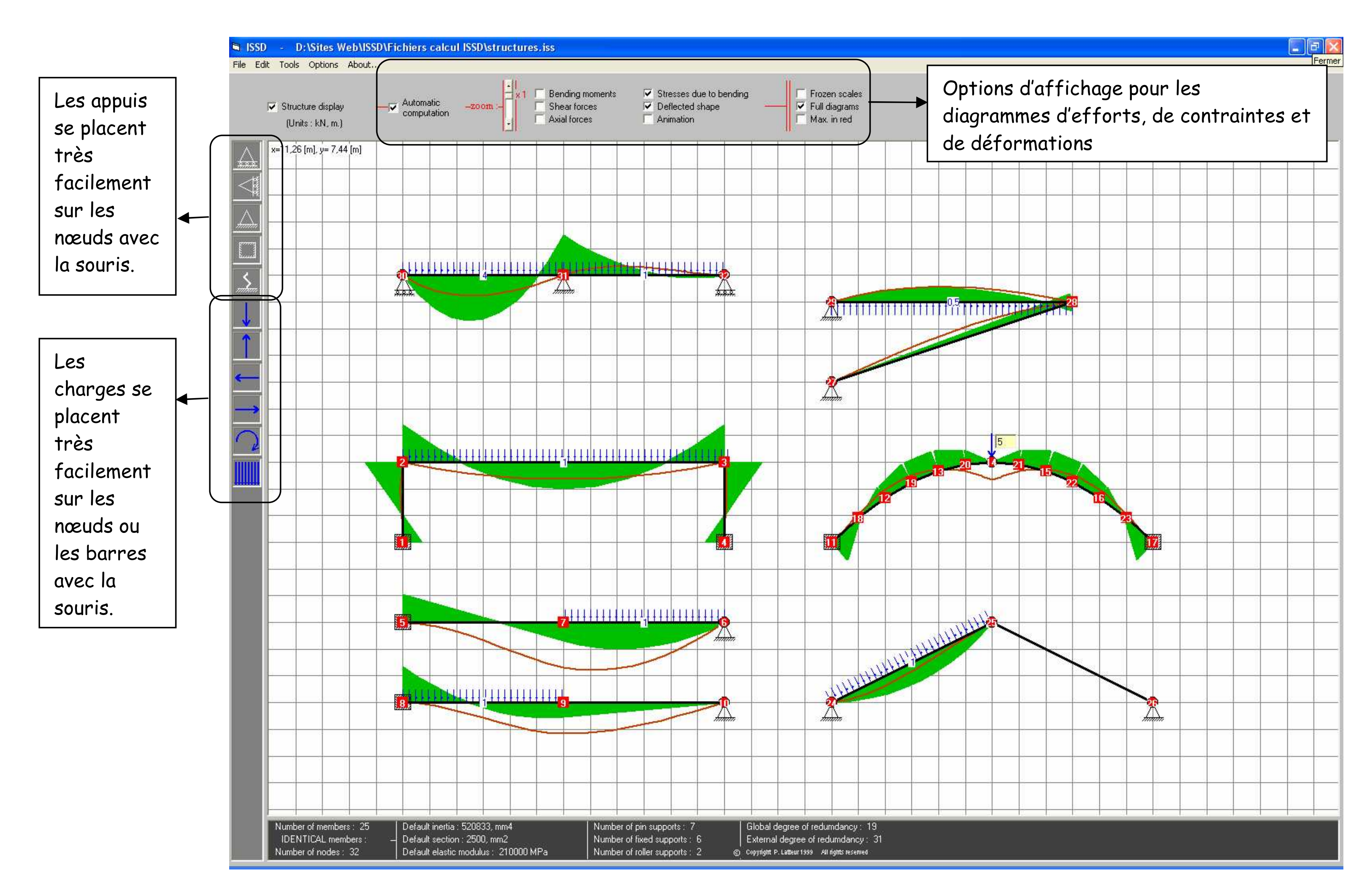


Figure 2 : comparaison de différentes structures sur le même écran
Ici, on affiche à la fois les diagrammes de contraintes et les déformées de différentes structures.
Toutes ces structures sont modifiables à tout instant très rapidement avec la souris.

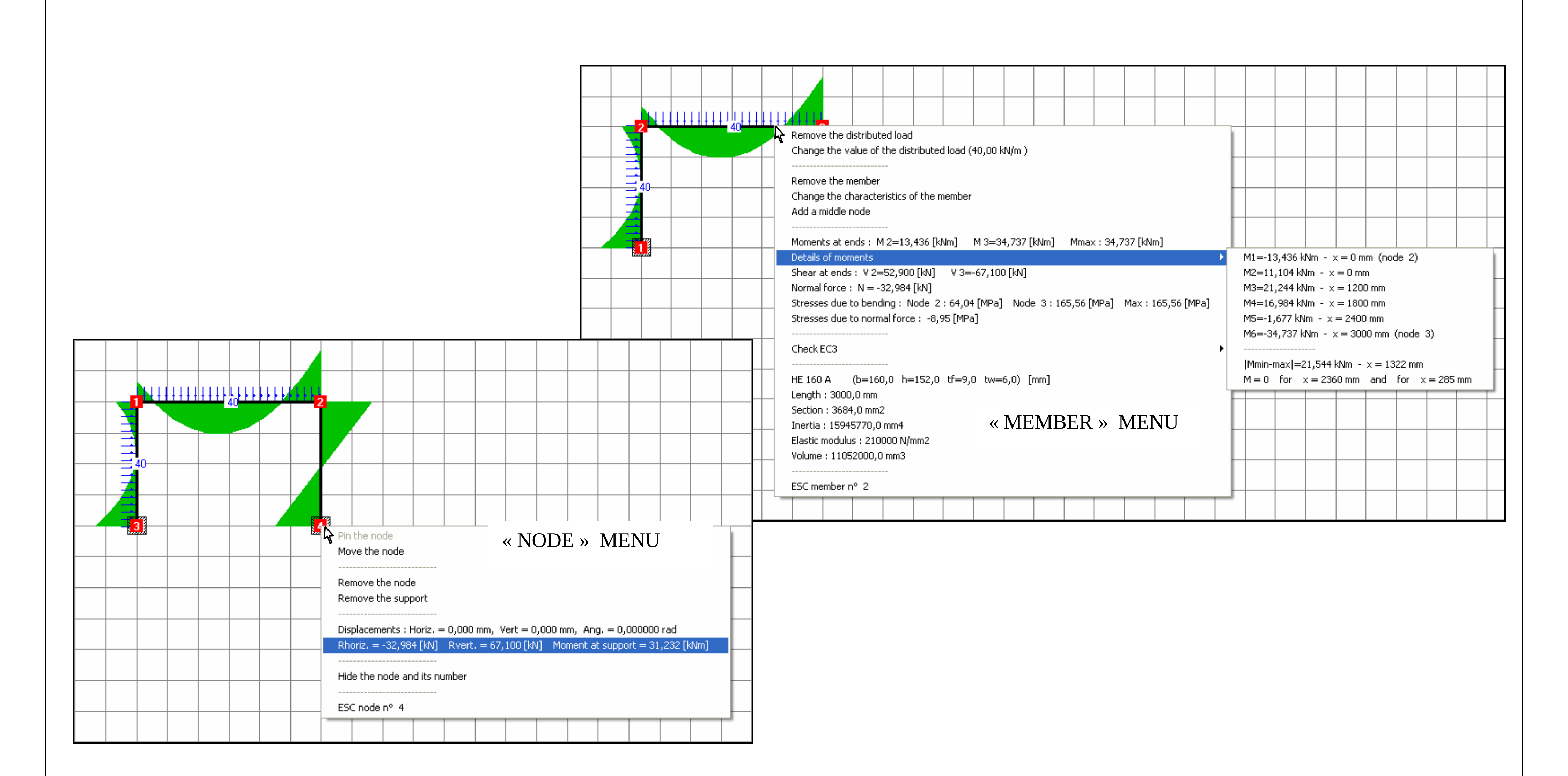


Figure 3 : les menus « NŒUD » et « BARRE»

Ils apparaissent lors d'un « click droit » sur un nœud ou sur une barre.
Ils donnent toutes les informations relatives à l'élément choisi (efforts, contraintes maximales, géométrie, matériau, réactions d'appui,…).

1. INTRODUCTION

La plupart des logiciels commerciaux distribués par les quelques fournisseurs se partageant le marché européen sont aujourd'hui capables d'effectuer des calculs très complexes allant jusqu'à l'analyse dynamique, le calcul des instabilités ou les réponses temporelles.

La maîtrise de ces logiciels nécessite toutefois un usage régulier, plusieurs dizaines d'heures de prise en main et la lecture de modes d'emploi fastidieux.

Une constatation s'impose : les logiciels qui passeront le cap des décennies à venir seront ceux qui pourront certes effectuer des calculs complexes, mais surtout ceux qui seront les plus simples et intuitifs à utiliser.

Il est troublant de constater que, d'un logiciel à l'autre, le nombre d'opérations (click, double clicks, confirmation ou introduction de telle ou telle donnée, etc) nécessaires à l'obtention d'un résultat est sensiblement différent. Ceci prouve que les développeurs consacrent bien plus de moyens à améliorer les capacités de calcul de leurs logiciels qu'à optimiser leur ergonomie.

Or, la plupart des ingénieurs ou architectes ont souvent besoin d'une réponse rapide (en termes d'efforts, de contraintes ou de déplacements) à des problèmes relativement simples, que ce soit en phase d'avant projet, de conception, ou d'évaluation de budgets : dans ces circonstances, ils ont donc davantage besoin de logiciels 2D simples, conviviaux et rapides que de toute l'artillerie de calcul, certes évoluée mais tellement lourde, d'un logiciel "traditionnel".

De ces constatations est née l'idée de concevoir un logiciel basé essentiellement sur la simplicité, l'ergonomie et la rapidité des résultats qu'il fournit, tout en permettant le calcul de structures 2D complexes.

Considéré comme un outil didactique très puissant dans le domaine du calcul des structures et de la résistance des matériaux, la "carrière" d'ISSD a débuté dans des universités ou écoles supérieures européennes. Il a ensuite été complété pour répondre aux exigences des bureaux d'études (librairie de profilés, calcul au second ordre, P-deltas, librairie de structures, poutres sur sol élastiques, etc...) tout en conservant sa grande simplicité d'utilisation.

ISSD est donc un logiciel caractérisé à la fois par une simplicité d'utilisation poussée à l'extrême et par une capacité de calcul avancée : il pourrait être considéré comme la « calculette » de l'ingénieur en stabilité, de l'architecte, de l'ingénieur de chantier, du contrôleur ou du deviseur.

Nous vous recommandons fortement la lecture de ce mode d'emploi avant utilisation du logiciel.

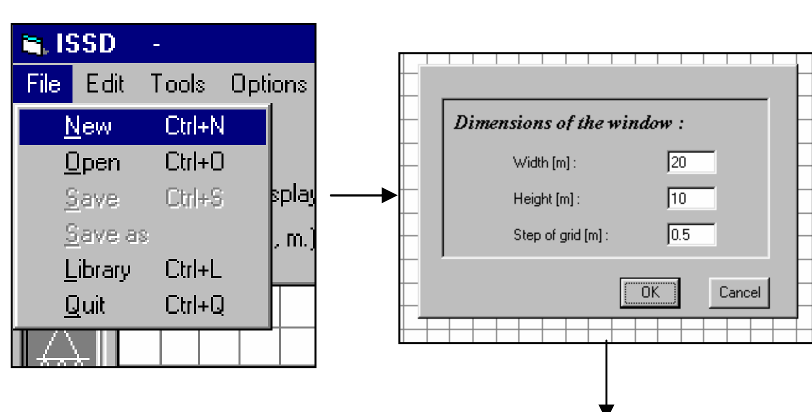
2. Dessiner la structure ou changer sa géométrie

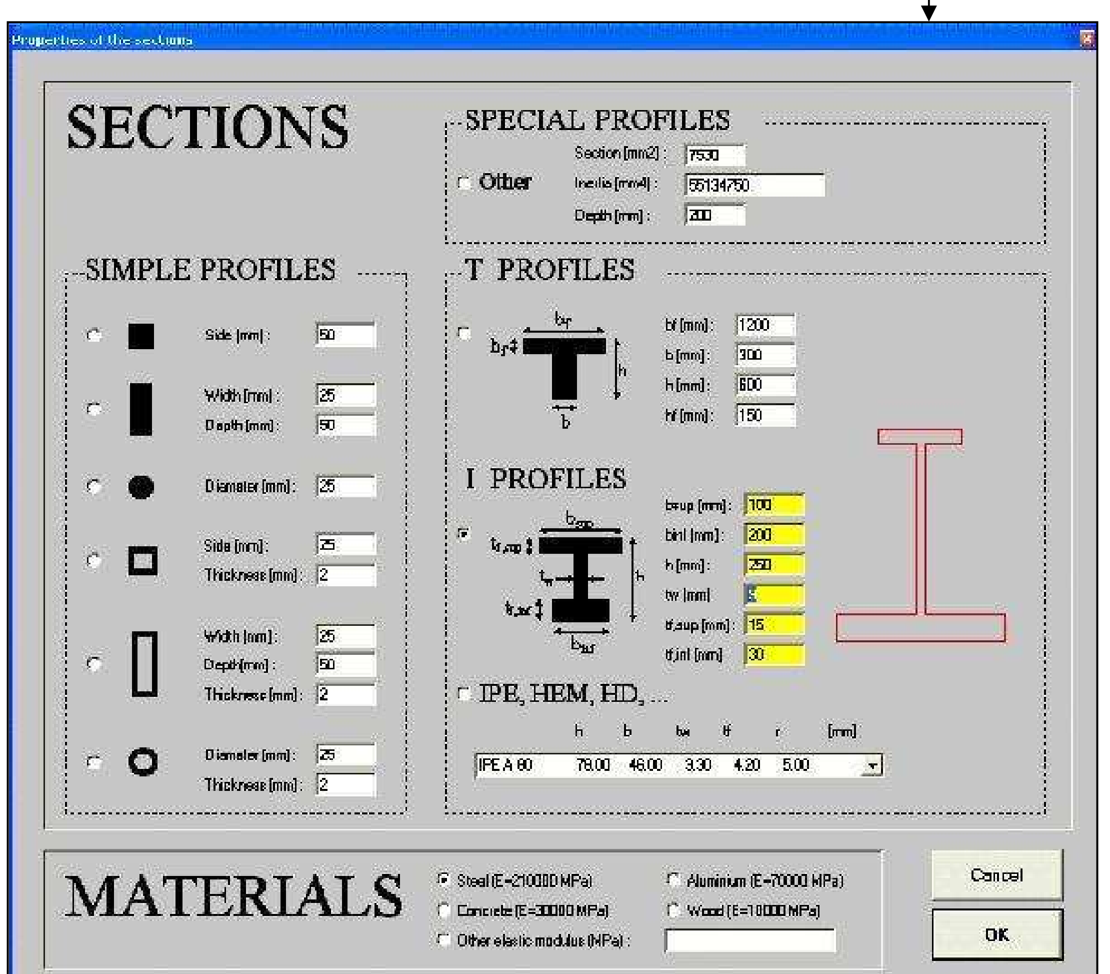
2.1. Définition de la grille de travail, du matériau par défaut et du type de section par défaut :

Après avoir sélectionné ***New*** dans le menu ***File***, La première étape vers le dessin de la structure consiste à :

- définir les dimensions de la grille de travail (par défaut : 20 m x 10 m avec une grille de 0,5 m) ;
- choisir le type de section par défaut (qui pourra être changée par la suite, individuellement ou globalement) ;
- choisir le type de matériau (qui pourra aussi être changé par la suite, individuellement ou globalement).

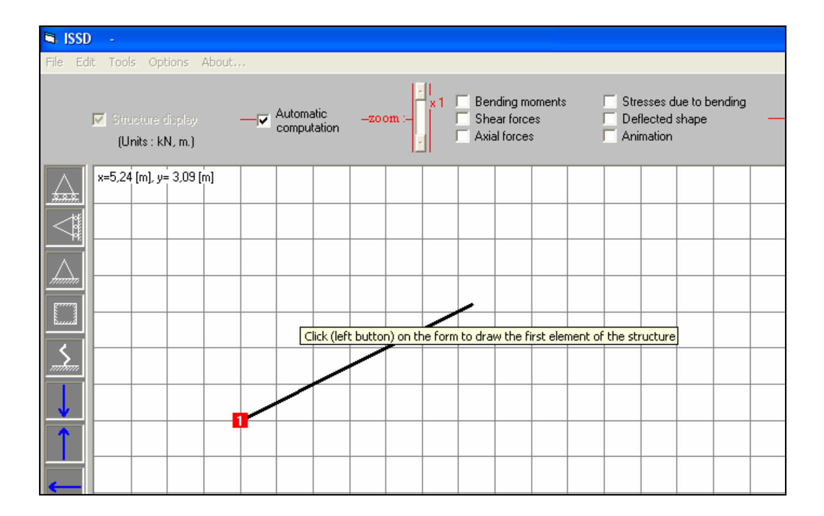
Lors du dessin à l'écran, les nœuds de la structure se déposeront automatiquement sur la grille. Leur position pourra être déplacée en un point non défini par cette grille à l'aide du menu NŒUD/move the node (voir §2.3).





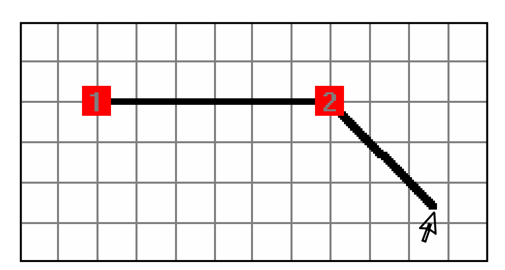
2.2. Les 5 façons de dessiner une barre sur la grille

Le premier nœud de la structure (qui portera l'indice 1) peut être déposé en un point de la grille par un simple click (gauche). Un autre click ailleurs sur la feuille déterminera la position du nœud n°2, et de la barre qui les joint :

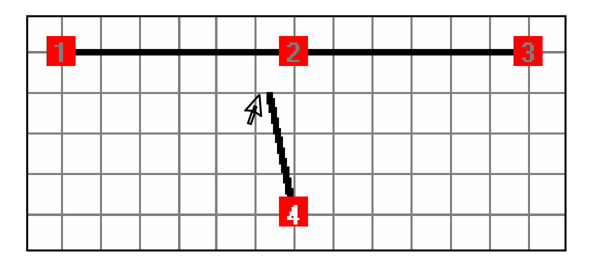


Il existe plusieurs moyens de dessiner des barres sur la feuille de travail, toujours en cliquant (gauche) à l'endroit où on veut déposer les nœuds :

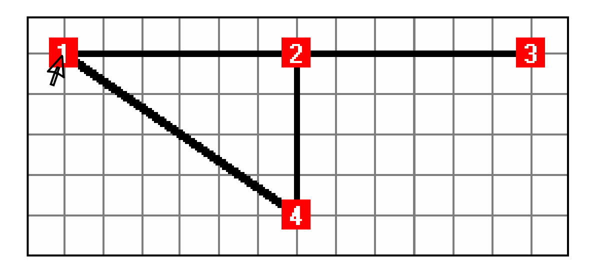
- D'un noeud existant (n°2) à un point de la grille. Un nouveau nœud est alors automatiquement créé (ici, le nœud n° 3) :



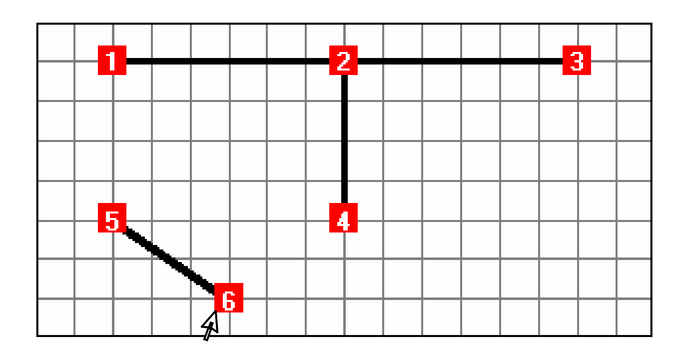
- D'un point quelconque de la grille (nouveau nœud n°4) à un nœud existant (noeud 2).



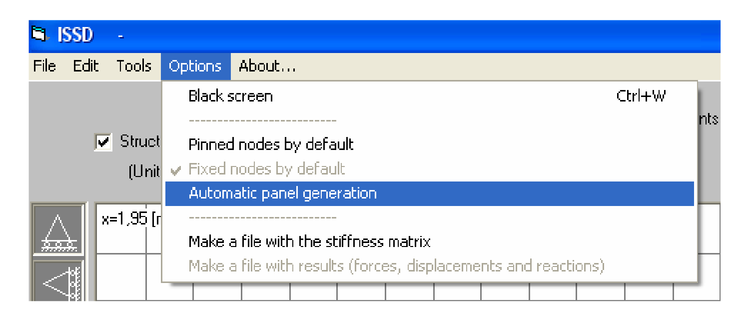
- Entre deux nœuds existants. Une nouvelle barre est automatiquement créée (entre les nœuds 1 et 4) mais aucun nouveau noeud.



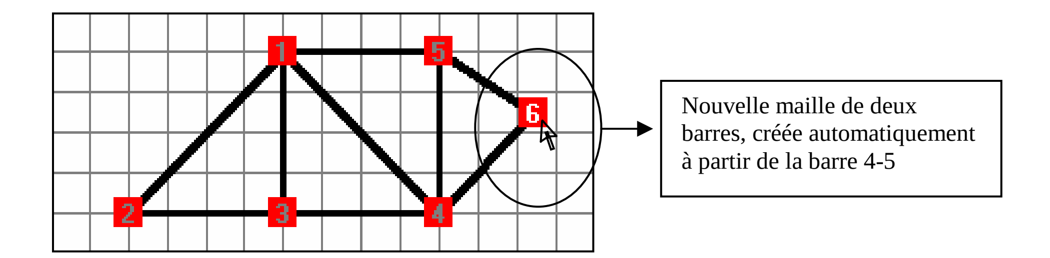
• Création d'une nouvelle barre indépendante entre deux points quelconques de la feuille. Deux nouveaux nœuds sont alors automatiquement créés (nœuds n°5 et 6). On peut de cette façon dessiner sur le même écran des structures totalement indépendantes.



Il existe un dernier moyen très simple et très rapide de créer des barres à l'écran, très utile lorsque l'on veut dessiner un treillis. Pour cela, il faut avoir au préalable coché l'option ***Menu/Options/Automatic panel generation*** :



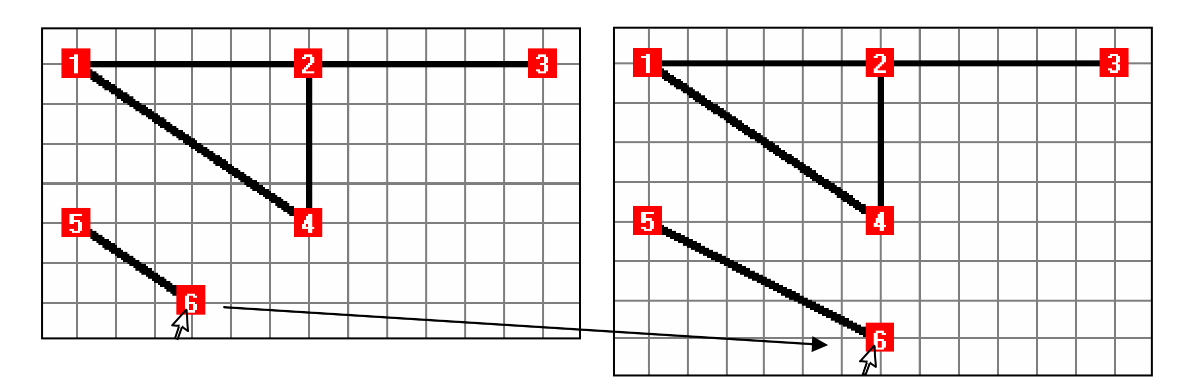
En cliquant (gauche) sur une barre et en effectuant un « drag&drop » avec la souris, on crée alors automatiquement, dès que l'on relâche le click, deux nouvelles barres ayant un nœud en commun :



2.3. Modifier la géométrie de la structure :

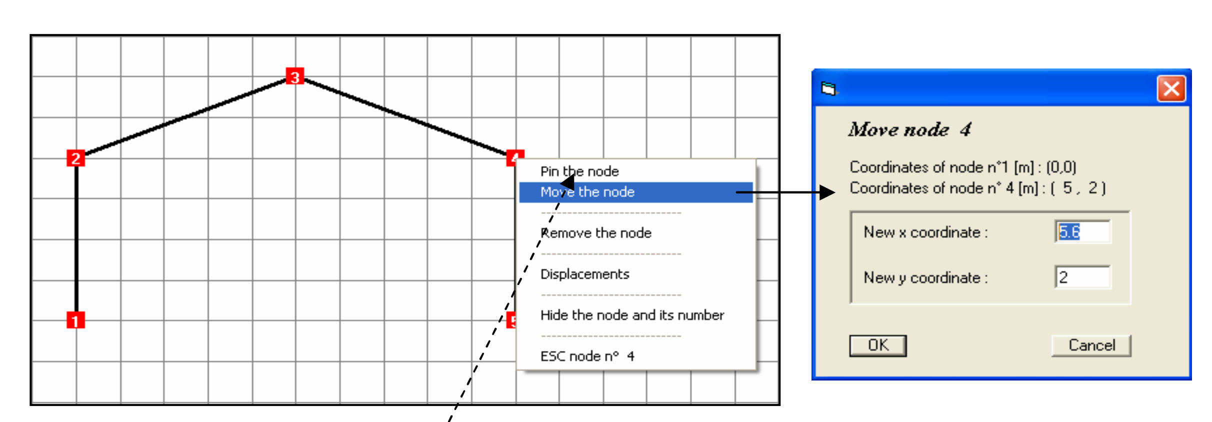
Que la structure soit complètement dessinée ou non, qu'elle ait été calculée ou non, il est possible de modifier très rapidement et à tout instant sa géométrie, la position de ses nœuds, leur caractère articulé ou rigide et les sections et matériaux définis pour chaque barre. Il en est de même pour les charges et les appuis (voir §4)

• **Déplacer un noeud AVEC LA SOURIS sur un point défini par la grille :** il suffit de placer le curseur de la souris sur le noeud, de cliquer (gauche) en maintenant enfoncé, et de lâcher le nœud à l'endroit choisi. Celui-ci se déposera automatiquement sur le point le plus proche de la grille.



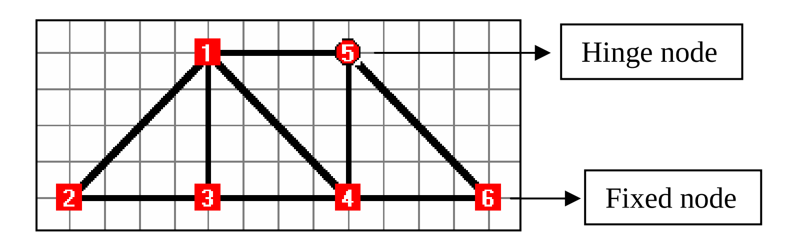
• **Déplacer un noeud sur un point NON défini par la grille :**

Positionnez le curseur de la souris sur le nœud et cliquez droit. Le ***menu nœud*** relatif à ce nœud s'affiche alors. Cliquez sur ***Move the node*** et définissez dans la fenêtre qui apparaît les nouvelles coordonnées (x,y) de votre nœud. Remarque importante : le nœud n°1 correspond toujours aux coordonnées (0,0).

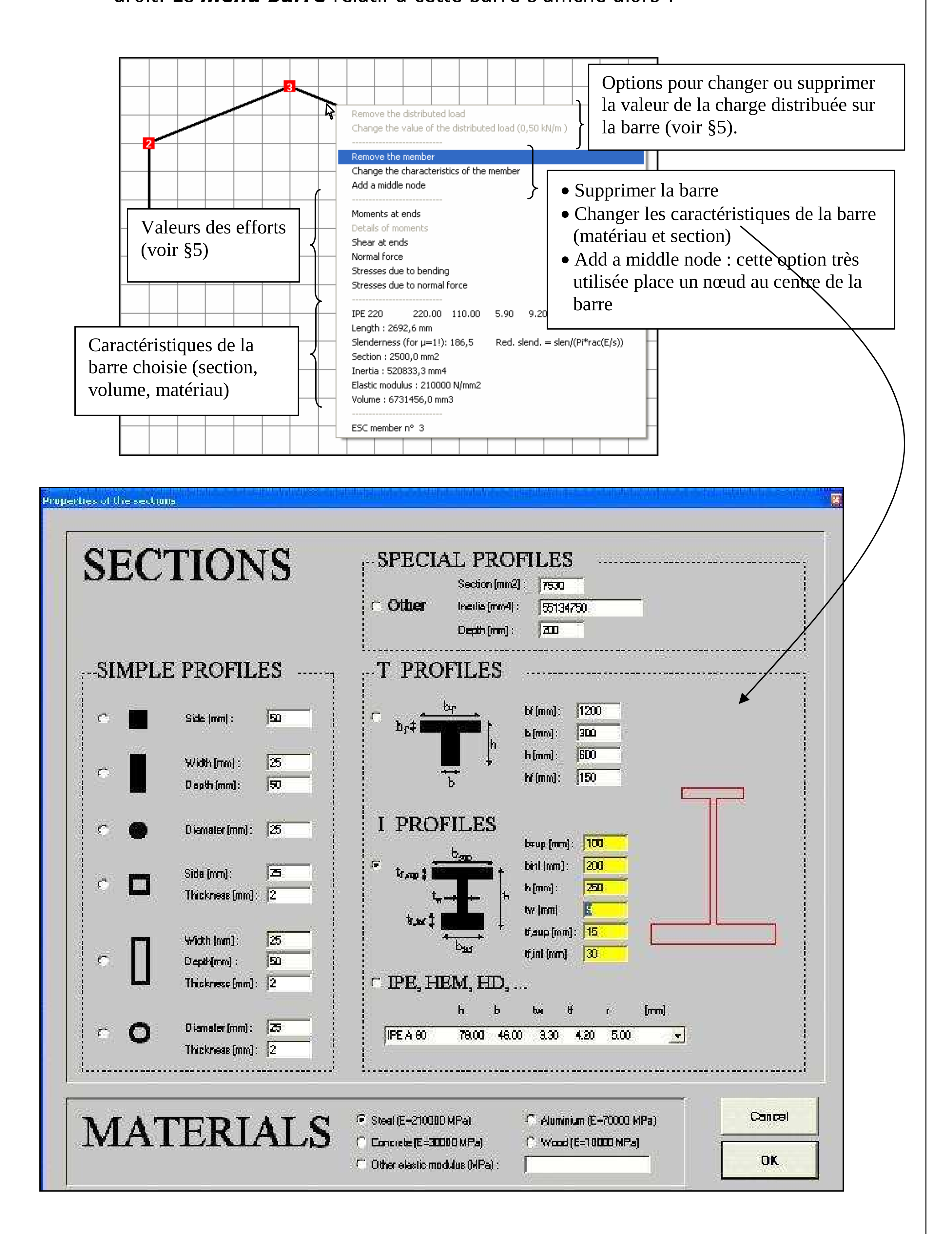


• **Articuler ou rigidifier un noeud :**

Dans ce même ***menu nœud***, vous pouvez choisir l'option ***Pin the node*** (le nœud est alors représenté par une boule) ou ***fix the node*** (le nœud est alors représenté par une carré).

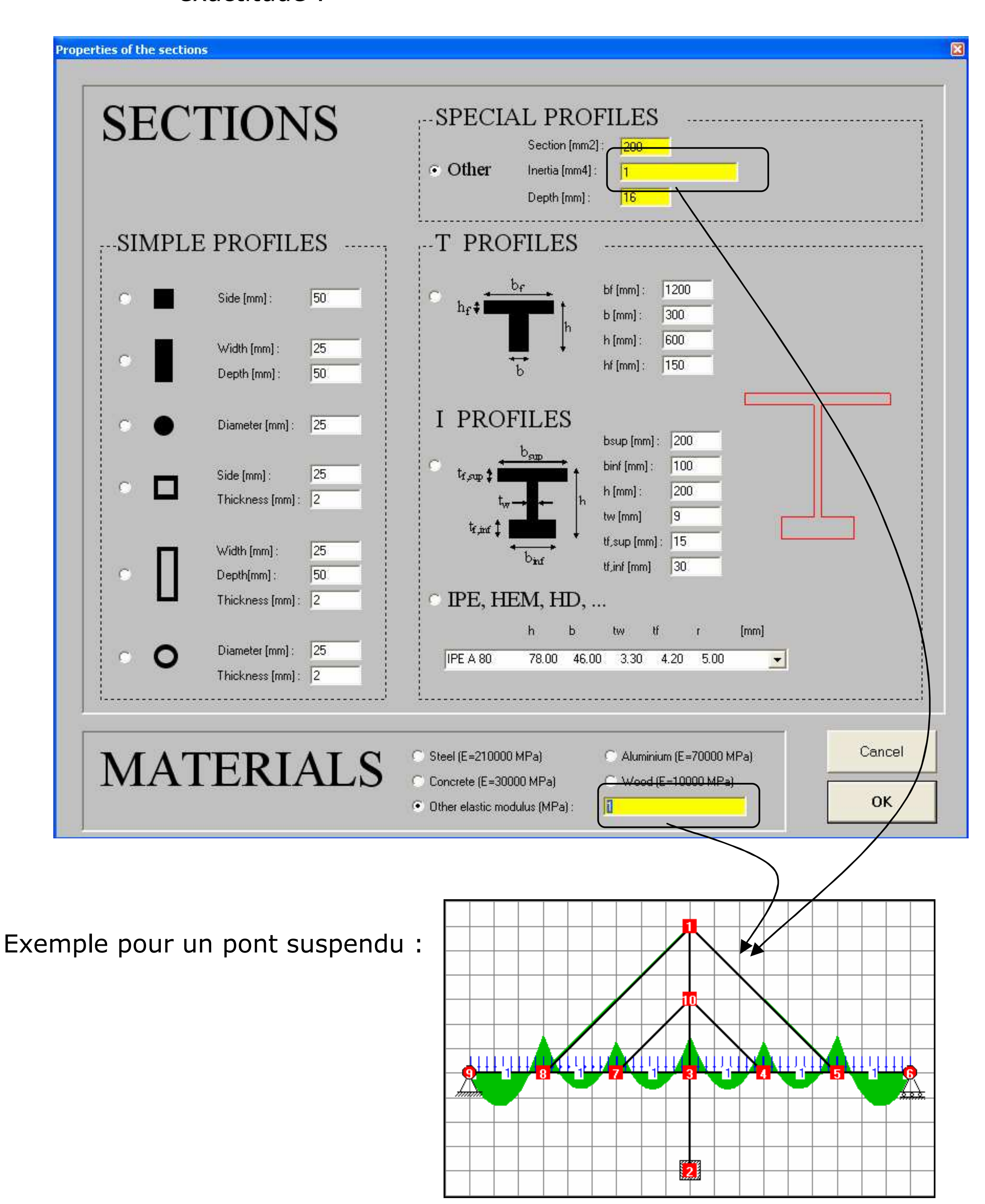


• Changer la géométrie avec le ***menu barre*** : positionnez le curseur de la souris sur la barre dont vous voulez changer les caractéristiques et cliquez droit. Le ***menu barre*** relatif à cette barre s'affiche alors :



Note: comment modéliser des câbles ou des barres ne pouvant reprendre que des efforts normaux ?

→ Il suffit d'attribuer à la section de la barre une très faible valeur du produit EI, ce qui est équivalent à lui donner une rigidité nulle. En d'autres termes on peut donner la valeur 1 à la fois à l'inertie et au module d'élasticité. L'aire de devra par contre être donnée avec exactitude :



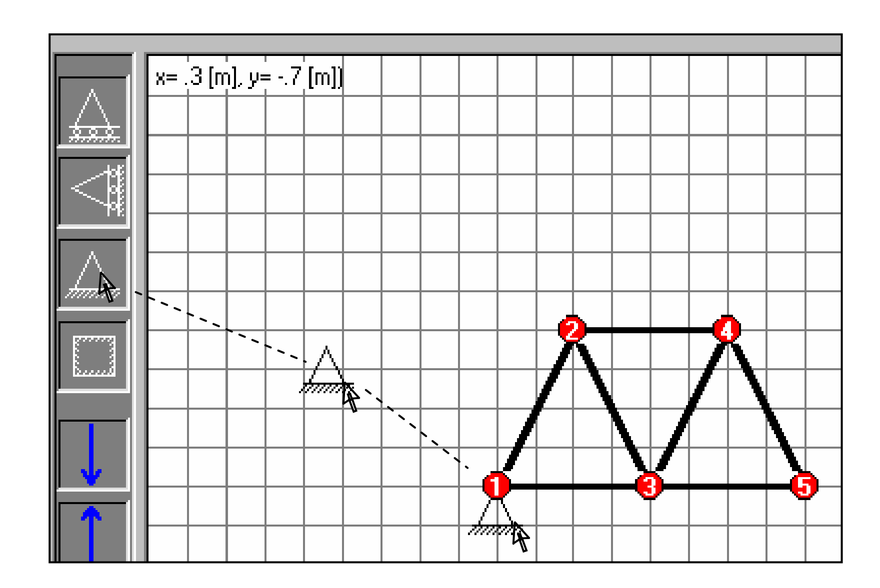
Exemple pour un pont suspendu :

3. APPUIS DE LA STRUCTURE

Les appuis peuvent être placés, supprimés ou déplacés à tout moment.

3.1. Placement d'un appui sur un noeud :

Placez le curseur de la souris sur l'icône de l'appui choisi, cliquez (gauche) en gardant enfoncé, déplacez l'appui sur le nœud choisi et relâchez la souris dès que le nœud devient bleu (au lieu de rouge), ce qui se produit quand vous « passez dessus » :



3.2. Déplacer un appui existant d'un nœud vers un autre :

Le principe est toujours le même : placement du curseur sur l'appui (et pas sur le nœud, voir remarque ci-dessous), cliquez gauche en gardant enfoncé, déplacez l'appui, et déposez-le sur le nœud choisi dès que celui-ci passe du rouge au bleu.

Attention, pour l'appui encastré, il faut cliquer sur le bord de l'appui, sinon vous risquez de déplacer le nœud et pas l'appui.

3.3. Enlever un appui :

Le plus simple pour enlever un appui existant sur un nœud est d'appliquer la procédure du §3.2 ci-dessus mais en le « lâchant » sur une zone quelconque de la grille. Il disparaît alors automatiquement.

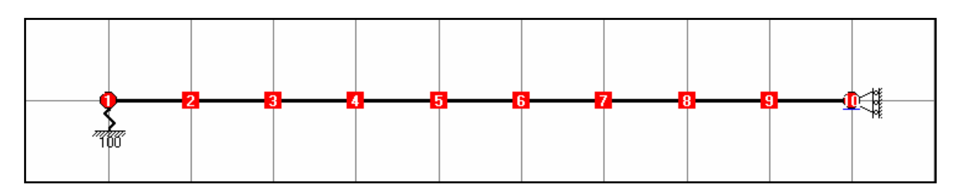
3.4. Appuis élastiques/poutres sur sol élastique :

Les appuis élastiques se déposent sur les nœuds de la même façon que les autres appuis. Par défaut, la valeur du facteur de rigidité est de 100 kN/m. Si cette valeur est modifiée (en cliquant « droit » sur le noeud), la nouvelle valeur est prise par défaut, ce qui est utile dans le cas où de nombreux élastiques appuis doivent être positionnés sur la poutre.

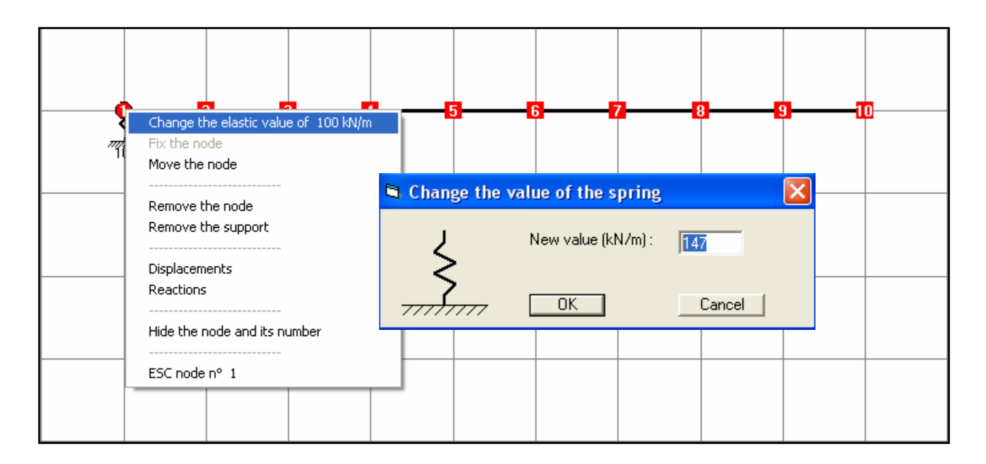
Il est important de garder à l’esprit qu’un appui élastique ne bloque le mouvement que dans un sens : dans le cas d’une poutre sur sol élastique, il faudra placer un appui à rouleau à réaction horizontale sur l’un des nœuds afin de bloquer la poutre selon son axe.

Exemple : on considère ici une poutre de 10 mètres de longueur posée sur le sol. Ce sol est modélisé par un appui élastique tous les mètres, dont la valeur vaut 147 kN/m. La procédure est la suivante :

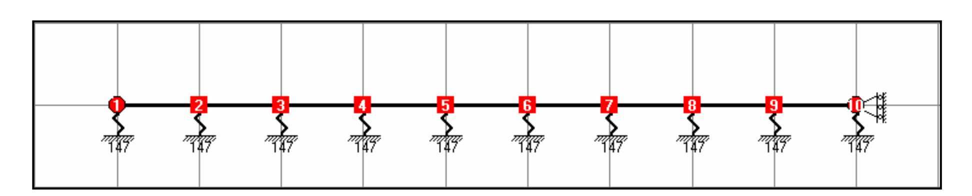
- prévoir une grille de 1 m de côté
- dessiner avec la souris les 10 morceaux de 1 mètre
- placer le premier appui élastique sur le nœud 1 et l’appui à rouleau stabilisateur sur l’un des nœuds :



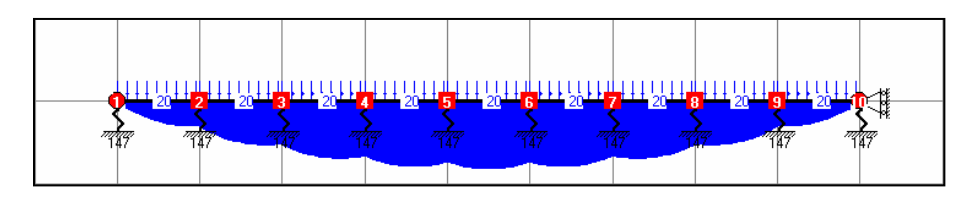
- changer la valeur de l’appui élastique en 147 kN/m :



- Déposer les 9 autres appuis élastiques, dont la valeur par défaut vaut 147 kN/m :



- Placer les charges et calculer la structure

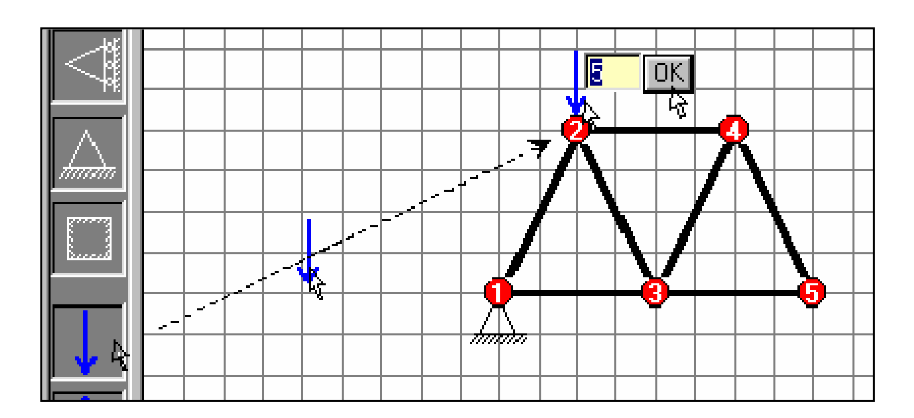


4. CHARGES SUR LA STRUCTURE

Les charges peuvent être placées, modifiées, supprimées ou déplacées à tout moment à l'aide de la souris.

4.1. Placement d'une charge ponctuelle ou d'un couple pur sur un noeud :

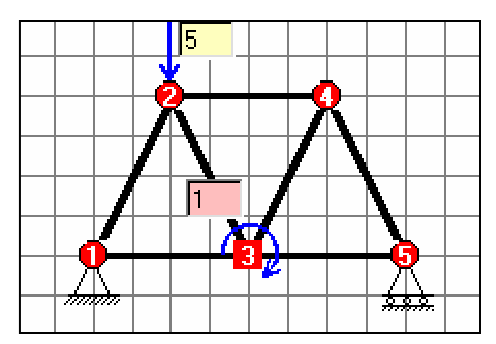
On procède de la meme manière que pour les appuis : placez le curseur de la souris sur l'icône de la charge choisie, cliquez (gauche) en gardant enfoncé, déplacez la charge sur le nœud choisi et relâchez la souris dès que le nœud devient bleu (au lieu de rouge), ce qui se produit quand vous « passez dessus » :



La valeur par défaut est de 5 kN. Cette valeur peut être changée à tout instant en cliquant à l'intérieur de l'encadrement qui affiche sa valeur.

Note: une charge ne peut être placée sur un appui qui bloque les efforts dans la direction de cette charge (le programme refuse l'instruction automatiquement).

La façon de placer un couple pur sur un nœud est similaire. Le nœud doit obligatoirement être rigide (un carré et pas une boule) et la valeur par défaut est de 1 kNm :



4.2. Déplacer une charge existante d'un nœud vers un autre :

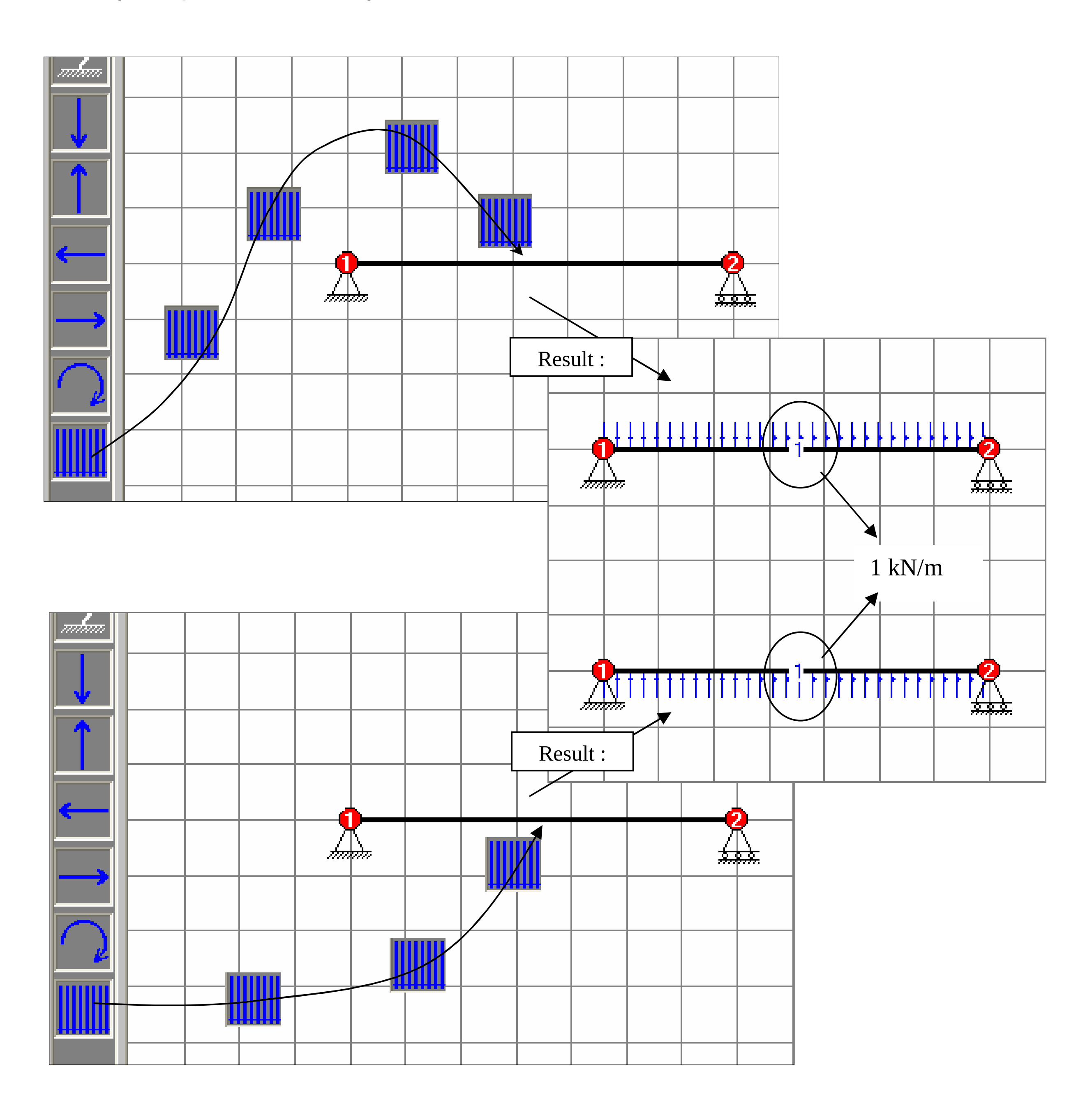
Le principe est toujours le même : placement du curseur sur la charge (et pas sur le nœud, voir remarque en §3.2), cliquez gauche en gardant enfoncé, déplacez la charge, et déposez-la sur le nœud choisi dès que celui-ci passe du rouge au bleu.

4.3. Enlever une charge ponctuelle ou un couple :

Le plus simple pour enlever une charge existante sur un nœud est d'appliquer la procédure du §4.2 ci-dessus mais en la « lâchant » sur une zone quelconque de la grille. Elle disparaît alors automatiquement.

4.4. Placer ou modifier une charge répartie :

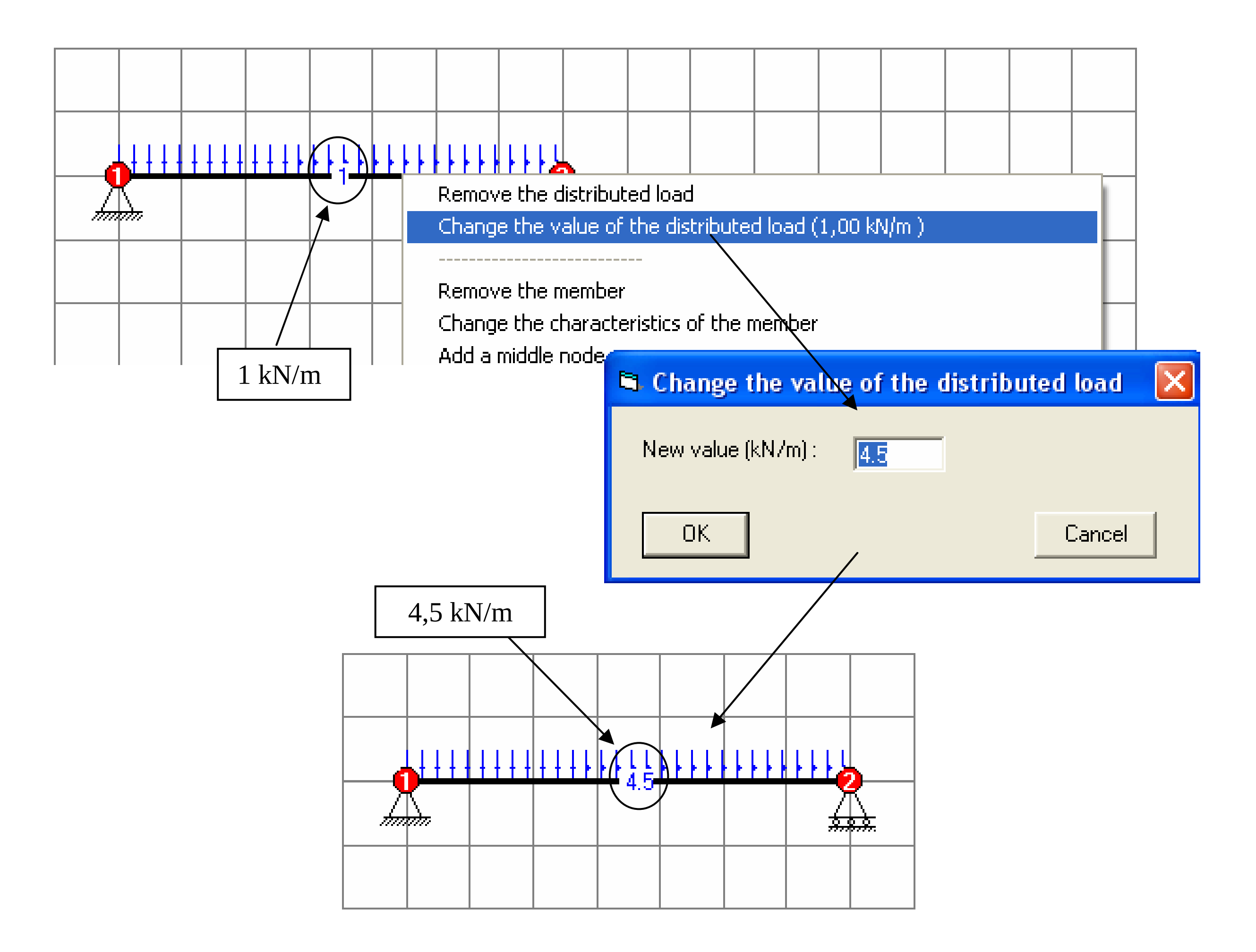
La manière de placer une charge distribuée sur une barre est similaire à celle qui correspond aux appuis, aux charges ponctuelles ou aux couples. La valeur par défaut est de 1 kN/m, agissant toujours perpendiculairement à la barre. Cette valeur de 1 kN/m peut être changée en appelant le ***menu barre*** relatif à cette barre (voir §4.5 ci dessous).



Comme le montre la figure ci-dessus, le sens de la charge distribuée est déterminé par le côté par lequel on a placé cette charge avec la souris. Sur la figure supérieure, la charge est amenée par le haut sur la barre : elle agira donc de haut en bas. Sur la figure inférieure, la charge est amenée par le bas sur la barre : elle agira donc de bas en haut. Un raisonnement similaire peut être appliqué pour les barres obliques.

4.5. Changer la valeur d'une charge distribuée ou la supprimer

Ceci peut se faire en appelant le ***menu barre*** relatif à cette barre (voir §2.3) et en choisissant les options ***Remove the distributed load*** ou ***Change the value of the distributed load***.



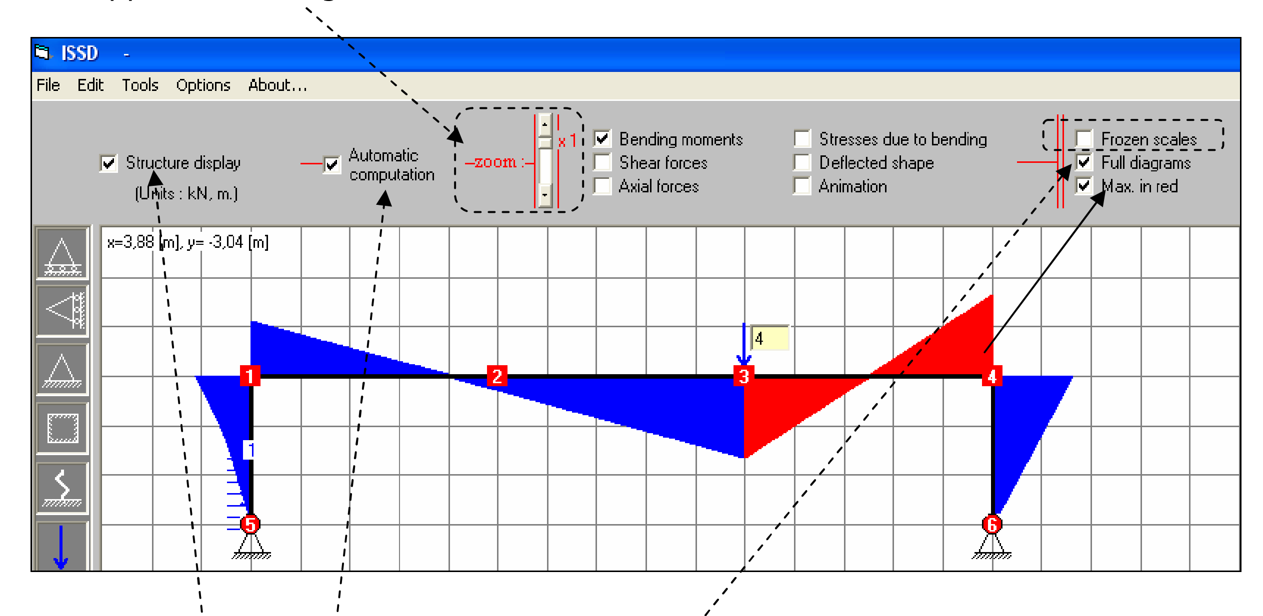
5. AFFICHAGE DES DIAGRAMMES D'EFFORTS, CONTRAINTES ET DEPLACEMENTS

Le programme permet l'affichage individuel ou simultané des diagrammes d'efforts internes ou de déplacements dès que le degré d'hyperstaticité est supérieur ou égal à 0 et que la structure est chargée. Ceci se fait par l'intermédiaire des cases à cocher situées au dessus de la grille.

Tout changement sur la structure, quelqu'il soit, est immédiatement suivi par un recalcul automatique de la structure et un réaffichage des diagrammes cochés.

5.1. Options d'affichage :

Par défaut, l'échelle d'affichage est telle que la plus grande valeur des diagrammes affichés correspond à un quinzième de la hauteur de la grille. A moins que l'option ***frozen scales*** ait été cochée, le ou les nouveaux diagrammes résultant d'un changement sur la structure seront affichés à la même échelle, c'est-à-dire avec la même amplitude. Un zoom permet aussi d'amplifier jusqu'à un rapport 5 les diagrammes d'efforts.

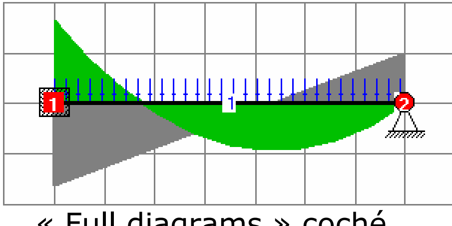


Les autres options d'affichage sont les suivantes :

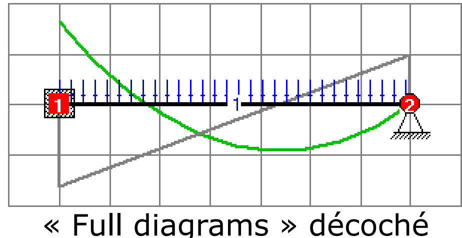
- **Structure display :** cette option permet d'afficher ou non la structure, ce qui est utile si on désire uniquement afficher un ou plusieurs diagrammes d'efforts ou de déformations. Cette option peut être utile dans le cas de structures complexes pour lesquelles une partie des diagrammes ou certaines valeurs sont cachés par la structure.

- **Automatic computation :** lorsque cette option est décochée, le calcul et l'affichage des diagrammes ne se font pas automatiquement lorsqu'on effectue un changement sur la structure. Si la structure devient instable suite à l'un de ces changements, l'option se décoche automatiquement.

- **Full diagrams :** cette option permet d'afficher les diagrammes selon les deux manières suivantes :



« Full diagrams » coché



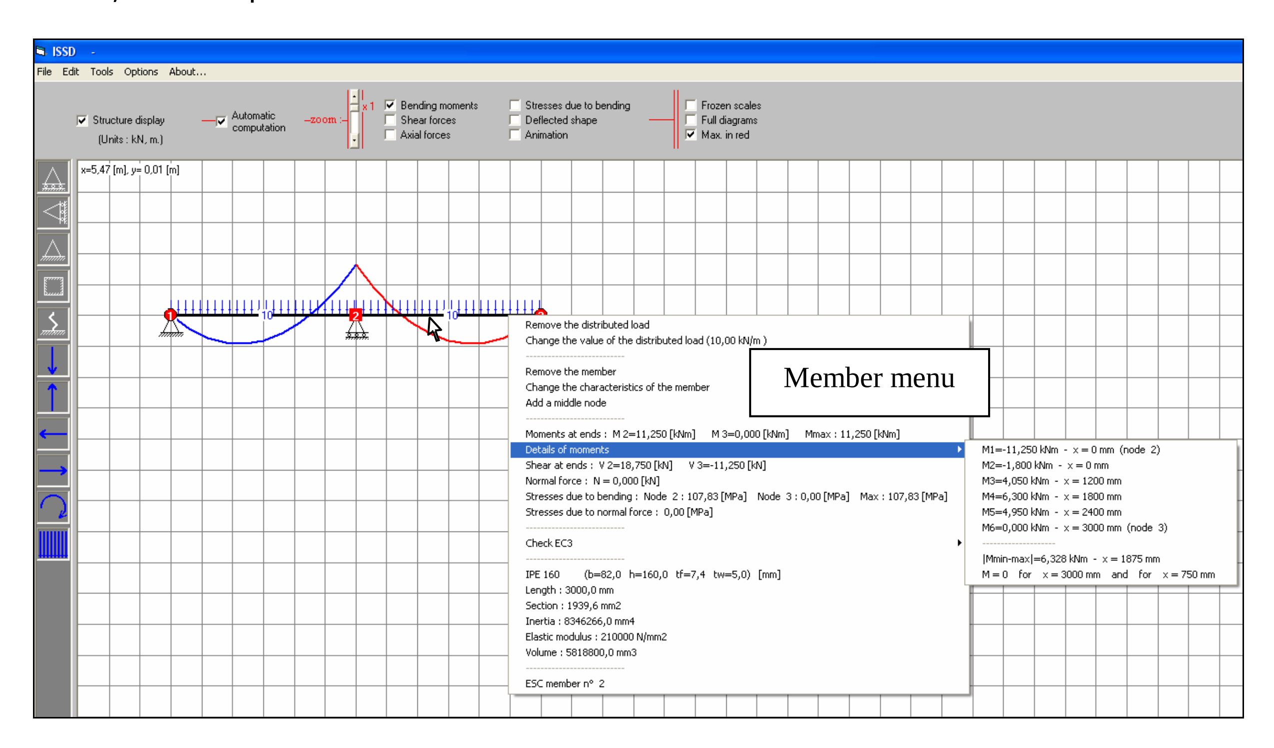
« Full diagrams » décoché

- **Max. in red :** le programme affiche en rouge la partie de diagramme correspondant au plus grand effort interne (voir exemple en page précédente : la barre située à droite de la charge de 4 kN est soumise au plus grand moment fléchissant)

5.2. Affichage des valeurs des efforts internes : le menu barre

A part pour l'affichage des efforts normaux, la valeur des efforts internes (M, V) ou des contraintes n'est jamais affichée sur les diagrammes.

Pour connaître la valeur de ces efforts ou des contraintes, il faut appeler le menu barre, dans lequel tous les détails de ces efforts et contraintes sont donnés :



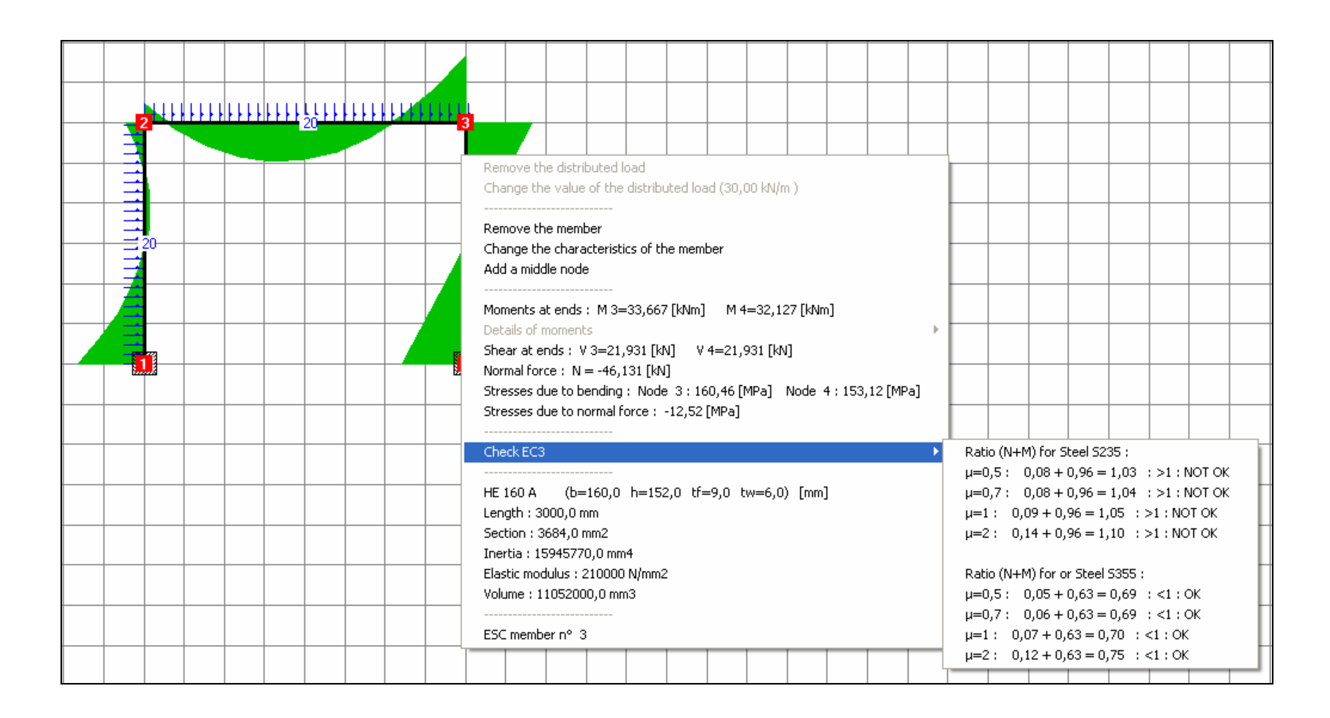
Pour rappel (p. 11), le ***menu barre*** s'affiche comme suit : positionnez le curseur de la souris sur la barre choisie et cliquez « droit ».

6. La vérification des éléments métalliques selon l'EC3

Cette vérification s'effectue par l'intermédiaire du « menu barre » et considère la combinaison de l'effort normal (avec flambement selon l'axe principal) et de la flexion (sans déversement).

L'utilisateur doit lui-même évaluer à quelle longueur de flambement l'élément correspond.

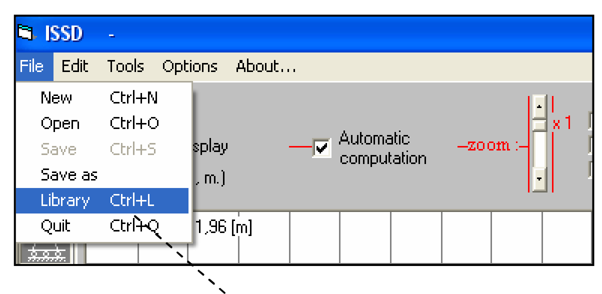
Le programme donne alors les taux de travail pour les deux types d'acier les plus fréquents (S235 et S355) et pour les longueurs de flambement respectivement égales à 0.5L, 0.7L, L et 2L.



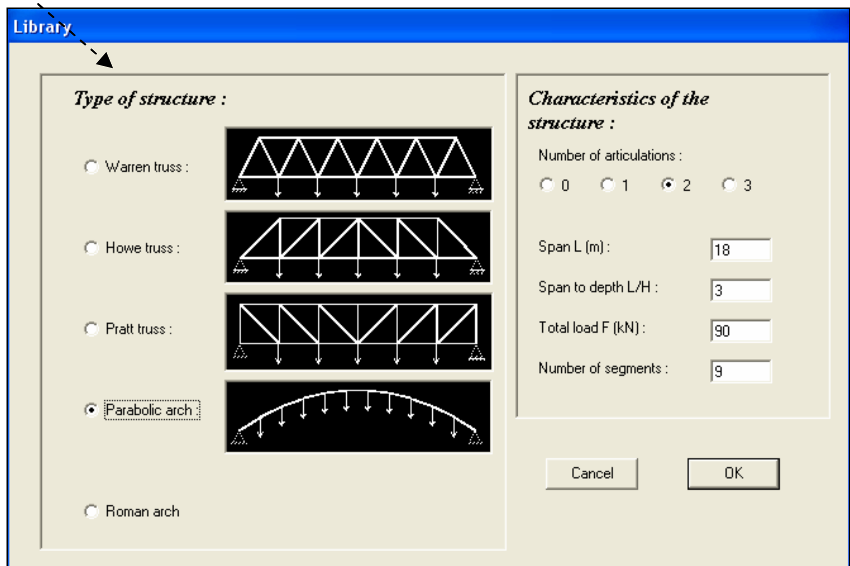
7. Autres possibilités : les menus principaux

Il y a 4 menus principaux :

7.1. Le Menu File :



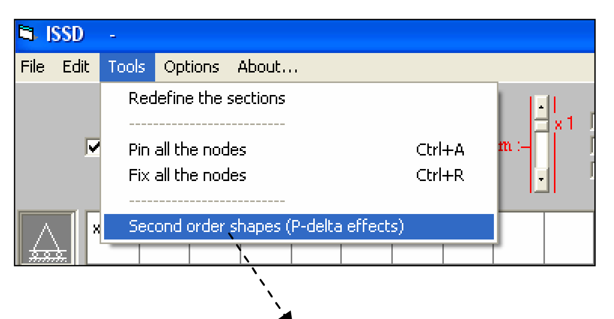
En complément des options classiques ***New***, ***Open***, ***Save***, ***Save as*** et ***Quit***, ce menu offre la possibilité d'ouvrir une librairie de structures qui permet l'affichage automatique de treillis, d'arcs paraboliques et d'arcs romains :



7.2. Le Menu Edit :

Ce menu ne contient que l'option ***undo***, qui permet d'annuler tout changement sur la structure, quelqu'il soit.

7.3. Le Menu Tools :



5 outils sont disponibles: ***Redefine the section*** permet de redéfinir la section et le matériau de <u>tous</u> les éléments. ***Hinge all the nodes*** et ***rigidify all the nodes*** permettent soit d'articuler <u>tous</u> les noeuds de la structure, soit de les rigidifier.

L'outil ***Second order shapes*** permet de déterminer le premier mode de flambement et la charge critique associés à une barre ou a une structure.

A titre d'exemple, prenons une colonne de 4 mètres de hauteur constituée d'un tube métallique de diamètre 100 mm et d'épaisseur 3 mm. La charge critique

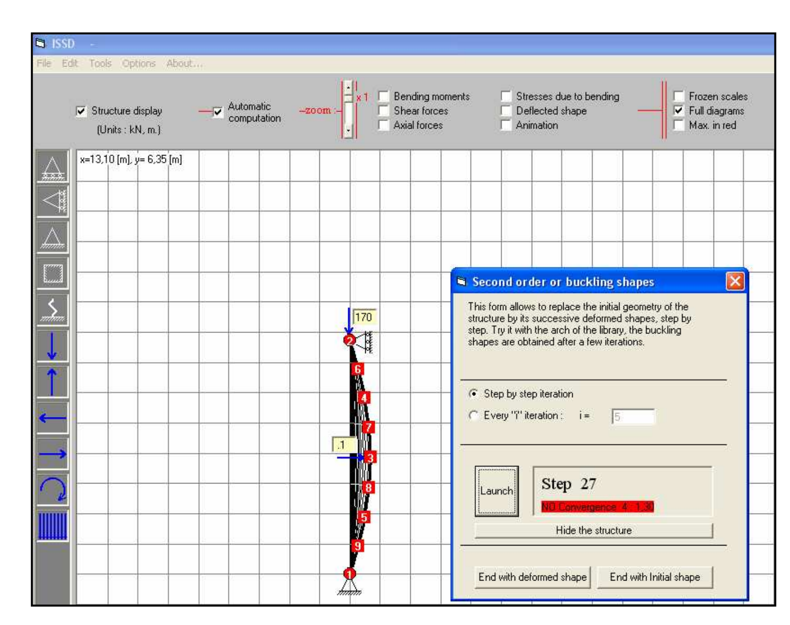
théorique d'Euler est égale à $\pi^2 EI/L^2$ = 139,4 kN et l'élancement vaut 117. On propose ici de retrouver cette charge de manière numérique.

On procède comme suit :

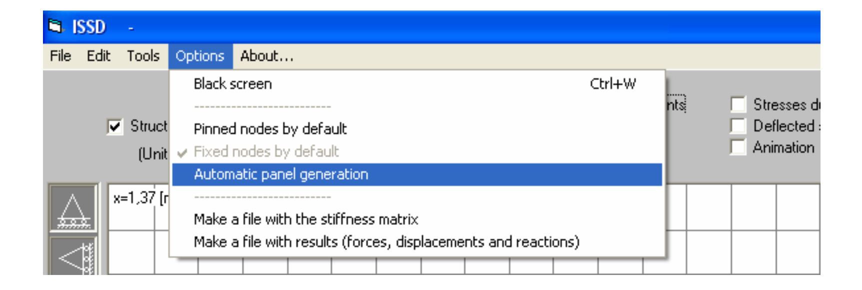
- un nombre suffisant de noeuds est ajouté à la barre en utilisant le ***menu barre/add a middle node***.
- une petite imperfection est introduite, dans ce cas une charge latérale de 10 N (négligeable par rapport à la charge verticale);
- on fait un premier essai avec une charge de 170 kN :

Pour 170 kN, la divergence se produit très rapidement, ce qui montre que la charge appliquée est clairement supérieure à le charge critique d'Euler.

On procède ensuite par approximations successives en se rapprochant avec le plus d'exactitude d'une charge qui ne crée aucune divergence des déplacements (dans ce cas l'avertissement « NO CONVERGENCE » en rouge est indéfiniment remplacé par un avertissement « CONVERGENCE » en vert).



7.4. Le Menu Options :



Ce menu correspond aux options suivantes : ***White/black screen*** (pour obtenir un fond d'écran blanc ou noir), ***Hinge node by default*** (pour que les nœuds dessinés sur la grille soient articulés par défaut), ***Fixed nodes by default*** (pour que les nœuds dessinés sur la grille soient rigides par défaut), ***Make a file with the matrix*** (créer un fichier *.txt avec les valeurs de la matrice de rigidité de la structure, facilement importable sur Excel)***, Make a *.txt file with results*** (pour créer un fichier *.txt avec la valeur de tous les efforts internes, des déplacements des nœuds et des réactions d'appuis – voir exemple en annexe).

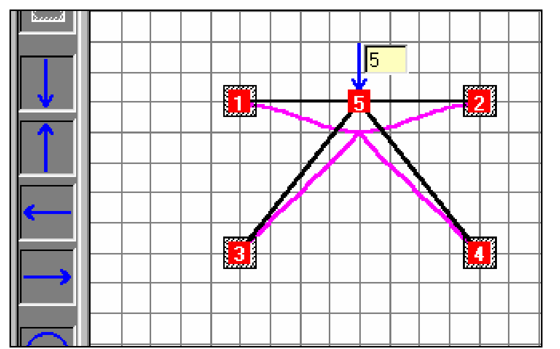
Option ***Automatic panel generation*** : voir $2.2, page 9).

8. Avertissements, comportements particuliers et limitations du programme

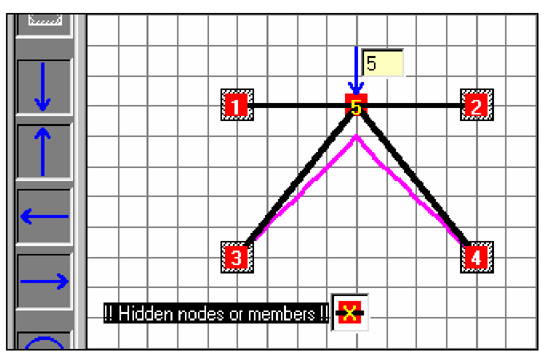
8.1. Noeuds cachés :

Un noeud peut être déplacé sur la grille, soit avec la souris, soit avec l'instruction ***menu noeud/move the node***. De ce fait, il se peut qu'il soit placé dans l'axe d'une barre, sans pour autant y appartenir physiquement.

Pour éviter ce genre de confusion entre un nœud qui appartient à une barre (figure ci-dessous, à gauche) et un nœud qui est simplement caché par cette barre sans lui appartenir (figure ci-dessous, à droite), un message d'avertissement est affiché.



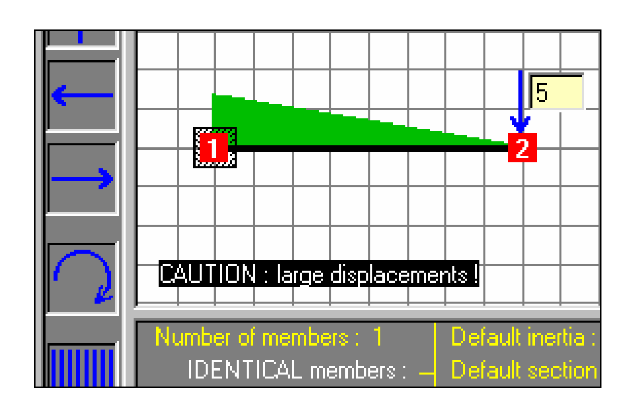
Le noeud 5 relie physiquement les 4 barres



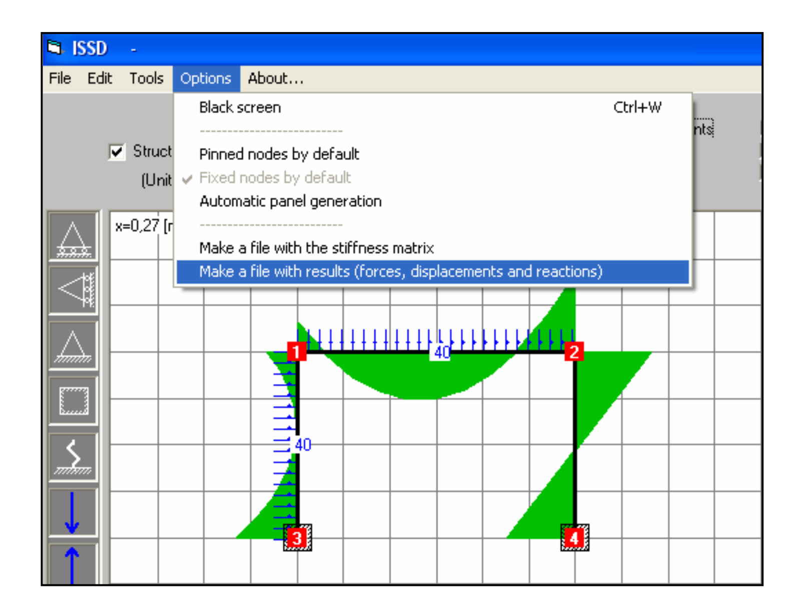
Le noeud 5 relie les barres 3-5 et 4-5 mais la barre 1-2 est indépendante et n'est pas chargée.

8.2. "Large displacements" :

Lorsque les charges sont très importantes en comparaison avec les dimensions de la structure ou des sections, le programme calcule les efforts et affiche les diagrammes à l'échelle, mais vous prévient que les déplacements sont anormalement excessifs :



A1. Le fichier “resultats” (exemple)



*************** NODE DISPLACEMENTS : ***************'

	X [mm]	Y [mm]	Ang. [rad]
Node 1 :	5,648	0,137	0,004
Node 2 :	5,520	0,173	-0,001
Node 3 :	0,000	0,000	0,000
Node 4 :	0,000	0,000	0,000

*************** MEMBER FORCES : ***************'

	Mi [kNm]	Mj [KNm]	Ti [kN]	Tj [kN]	N [kN]
Member 1 (i= 1 , j= 2) :	-13,436083	34,736632	52,900	34,736632	-32,984
Member 2 (i= 1 , j= 3) :	13,436087	-27,467156	-32,984	-27,467156	-52,900
Member 3 (i= 2 , j= 4) :	-34,736640	-31,232290	32,984	-31,232290	-67,100

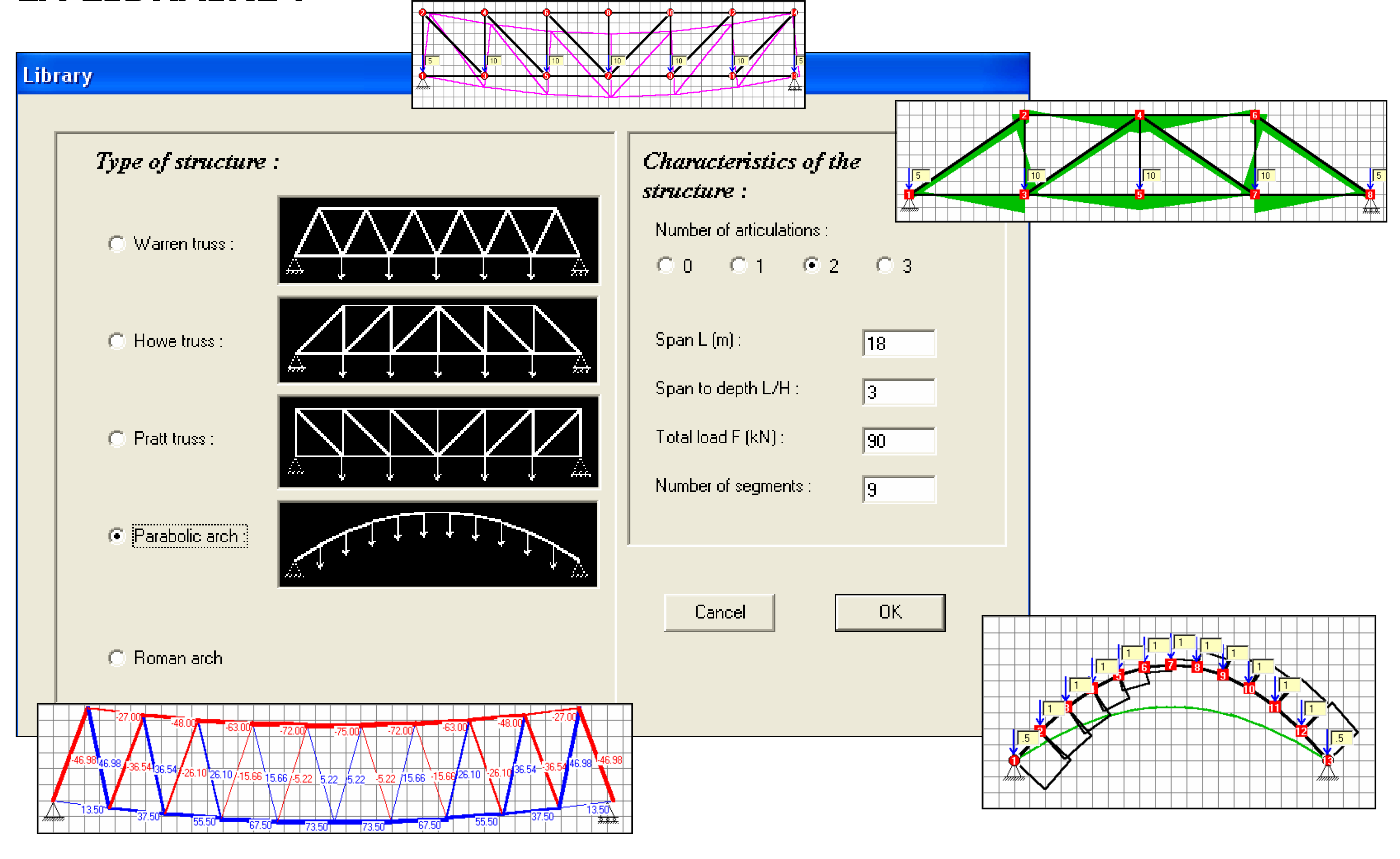
*************** VALUES OF THE MOMENTS AT MIDDLE DISTANCE FOR MEMBERS WITH UNIFORM LOADS : ***************'

Mi(x=0) [kNm]	M(L/5) [KNm]	M(2L/5) [KNm]	M(3L/5) [KNm]	M(4L/5) [KNm]	Mj(x=L) [KNm]	Mmin [KNm]	M=0 for x= [mm]
Member 1 (i= 1 , j= 2) :							
-13.43608	11.10381	21.2437	16.98359	-1.676524	-34.73663	21.5438	2360.373 and 284
Member 2 (i= 1 , j= 3) :							
13.43609	3.442301	-.1514849	2.654729	11.86094	27.46716	-.1635995	734.1684 and 915

*************** REACTIONS : ***************'

	Rhor [kN]	Rvert [kN]	RAng. [kNm]
Node 3 :	-47,016	52,900	27,467
Node 4 :	-32,984	67,100	31,232

LA LIBRAIRE :



Library
Type of structure :
Warren truss :
Howe truss :
Pratt truss :
Parabolic arch :
Roman arch
Characteristics of the structure :
Number of articulations :
0
1
2
3
Span L (m) :
18
Span to depth L/H :
3
Total load F (kN) :
90
Number of segments :
9
Cancel
OK